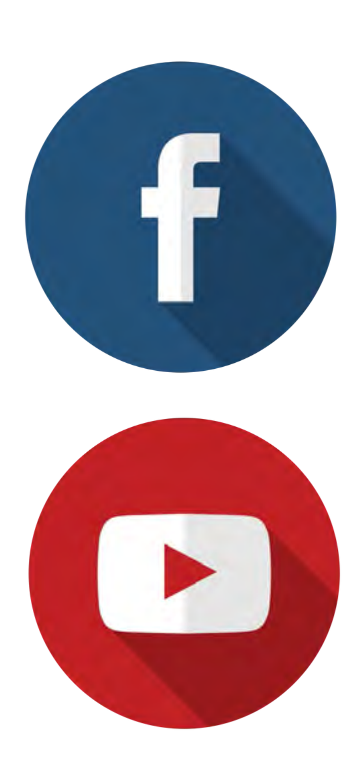
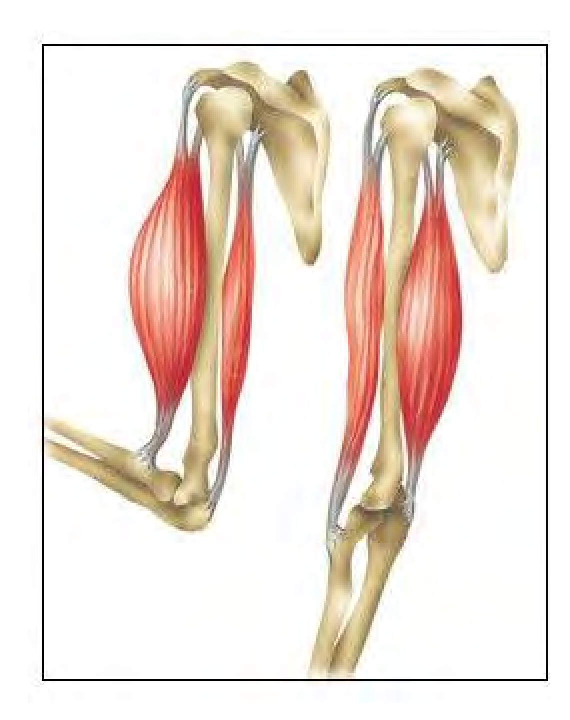
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful







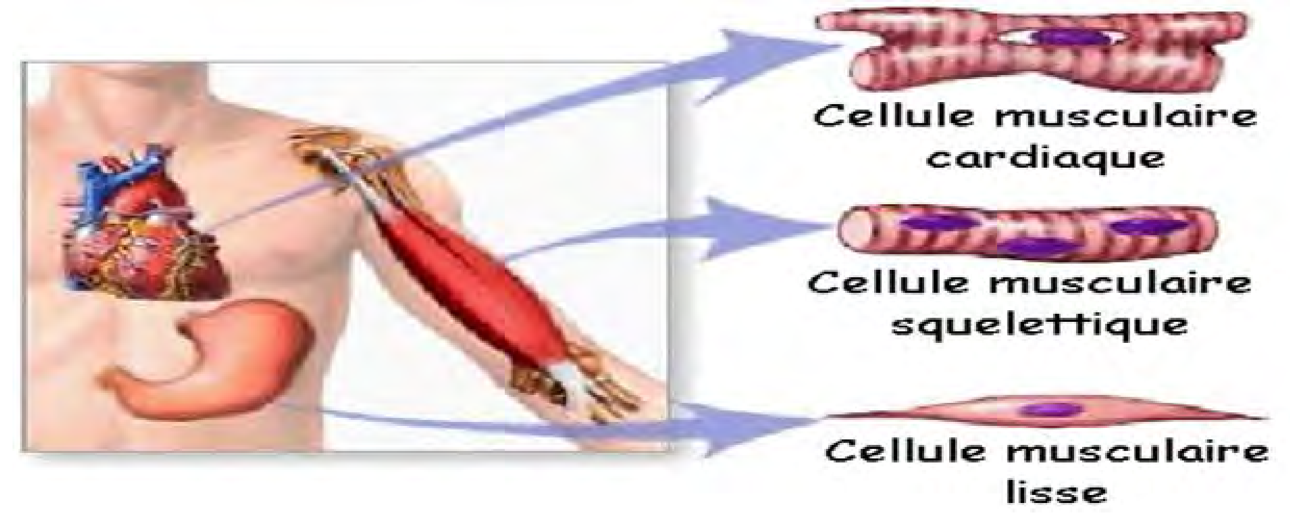
PHYSIOLOGIE DE LA CONTRACTION DU MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE



I- INTRODUCTION – DEFINITIONS:

3 types de muscles:

1.Muscle lisse (organes internes : intestin, l'estomac, les vaisseaux sanguins…)	**Mouvement involontaire** Contrôlé par le système nerveux **autonome**
2.Muscle strié cardiaque (cœur)	
3.Muscle strié squelettique Relie les différentes parties du squelette	**Mouvement volontaire** Contrôlé par le système nerveux périphérique



Le corps humain compte 639 muscles qui recouvrent tout le squelette.

La masse musculaire : 35 % chez l'homme, 28 % chez la femme



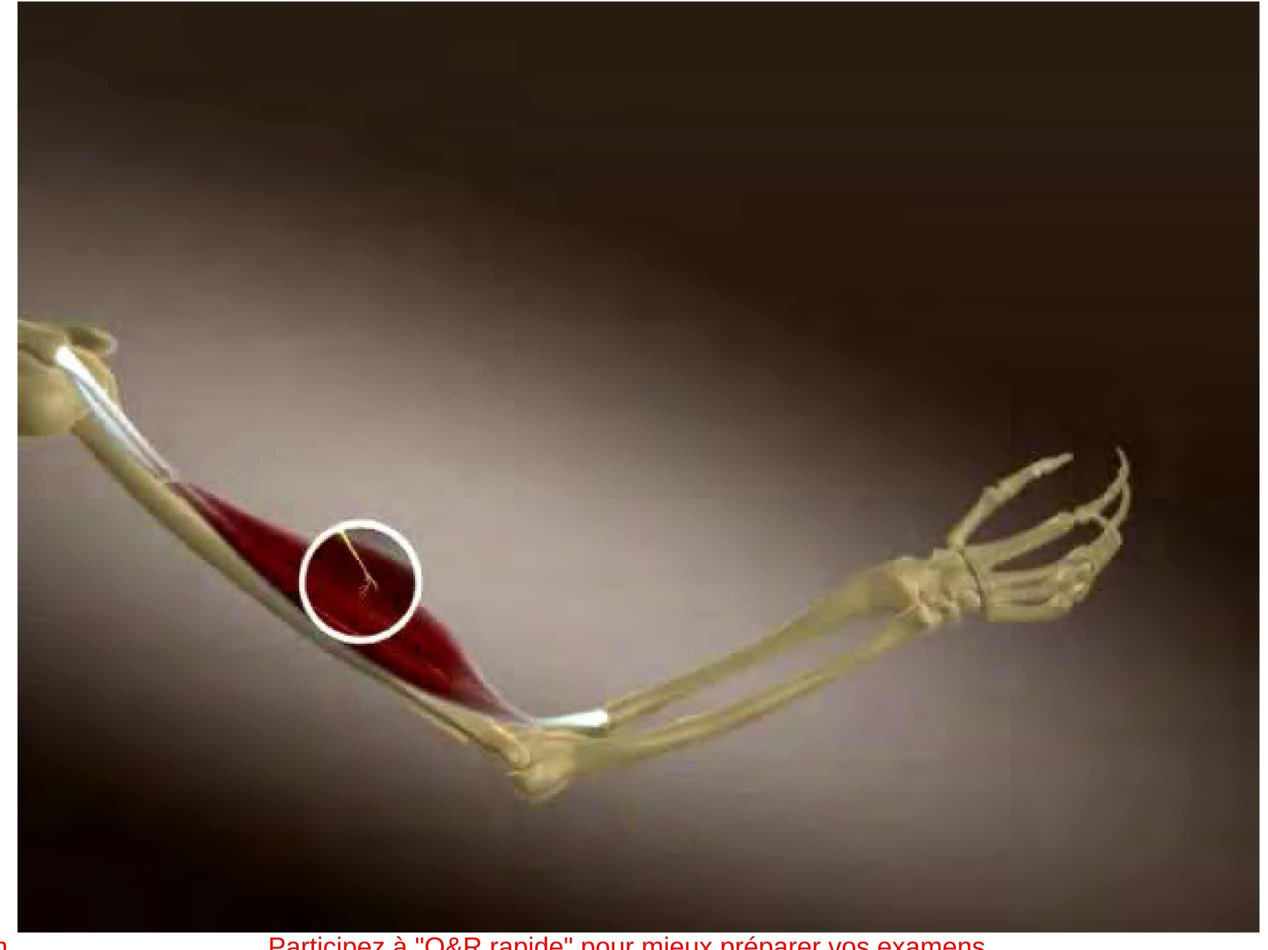
Trois fonctions essentielles

- Produisent des mouvements
- Stabilisent la position du corps
- Produisent de la chaleur: thermogenèse

- Le muscle strié squelettique

= L'organe effecteur de la motricité somatique

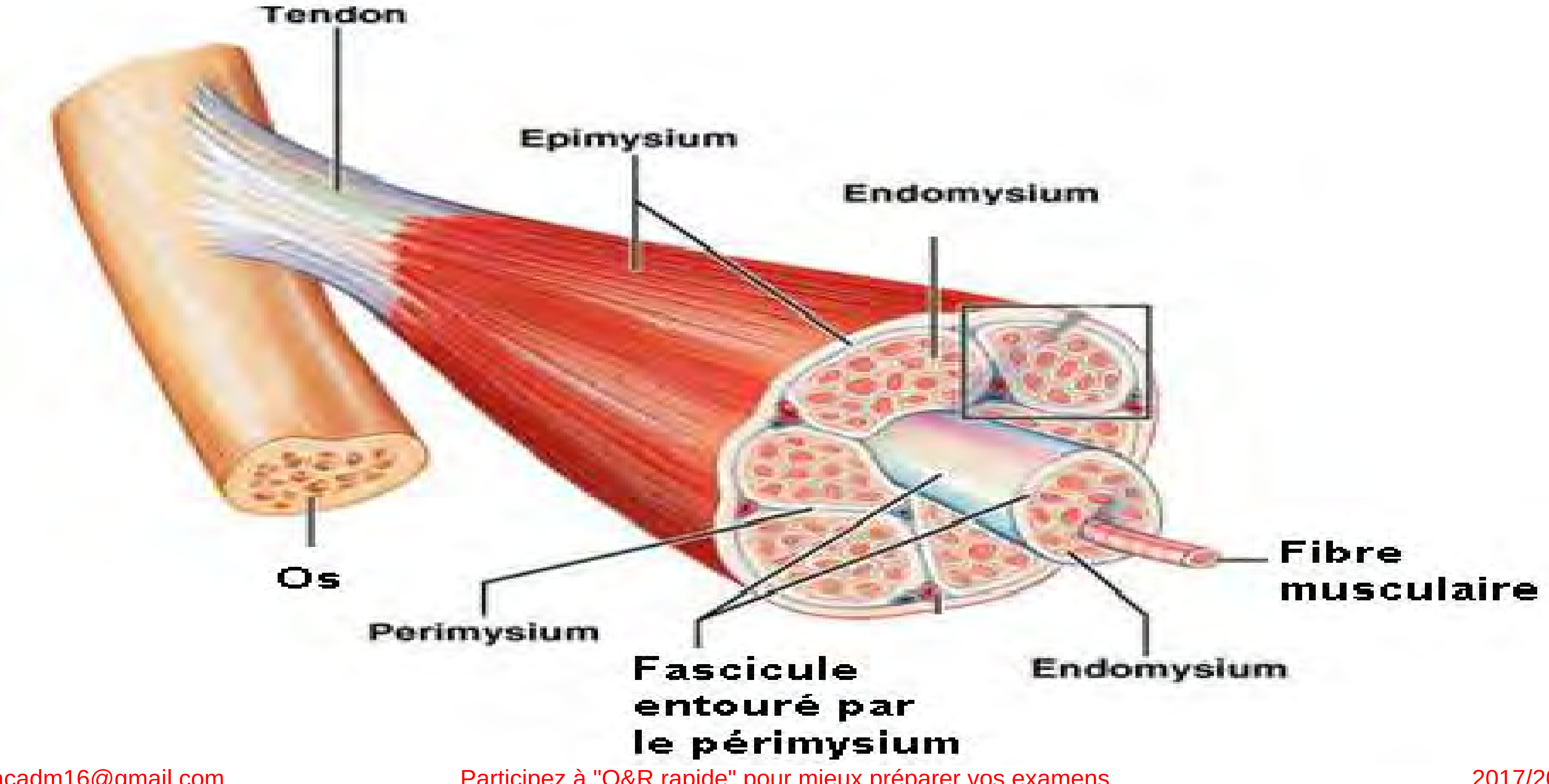
Ensemble des fonctions qui permettent au corps humain de se déplacer dans un milieu et d'effectuer des mouvements en mobilisant les os du squelette autour de leurs articulations.



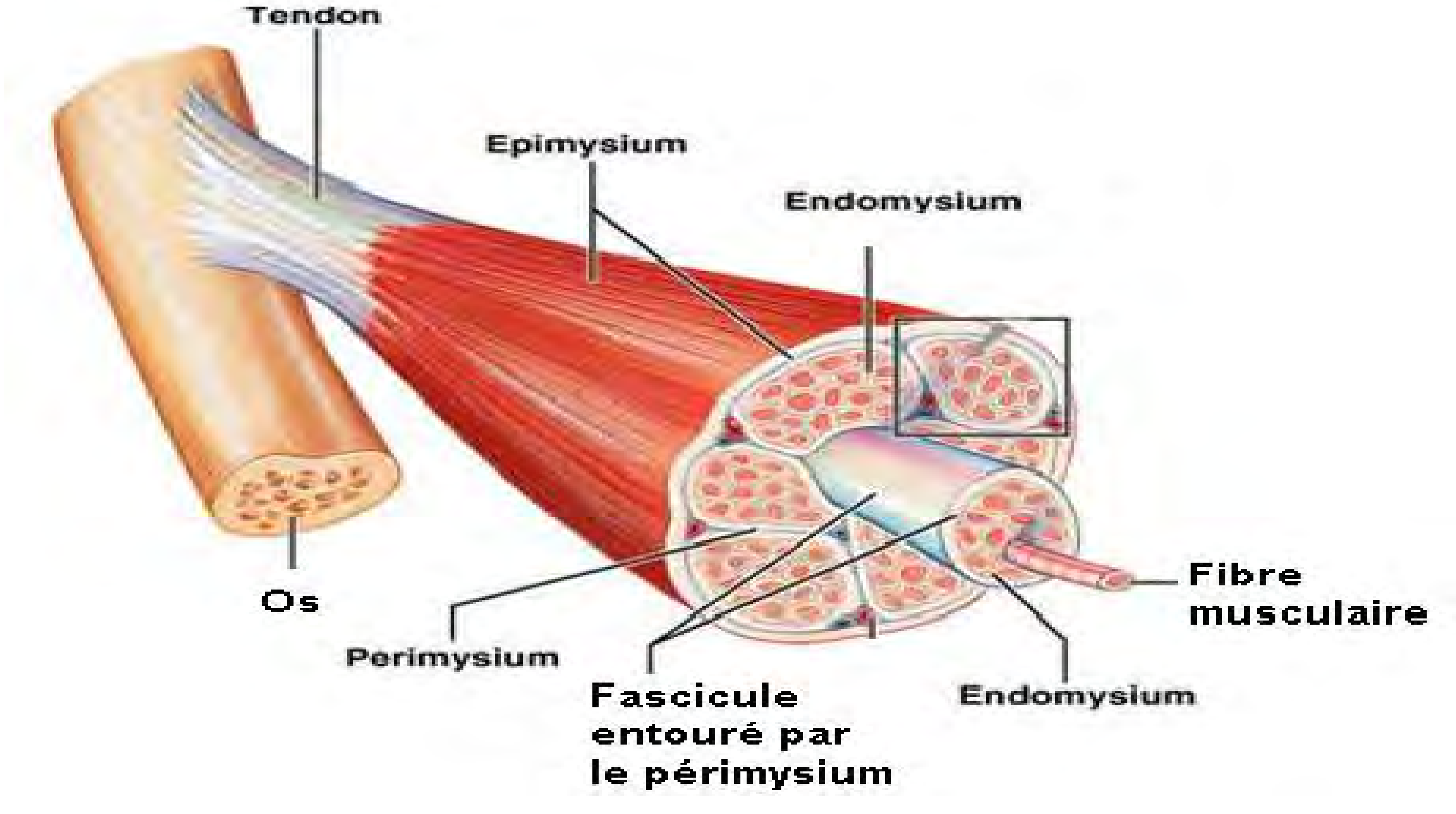
II- ANATOMIE PHYSIOLOGIQUE

1. Macroscopie:

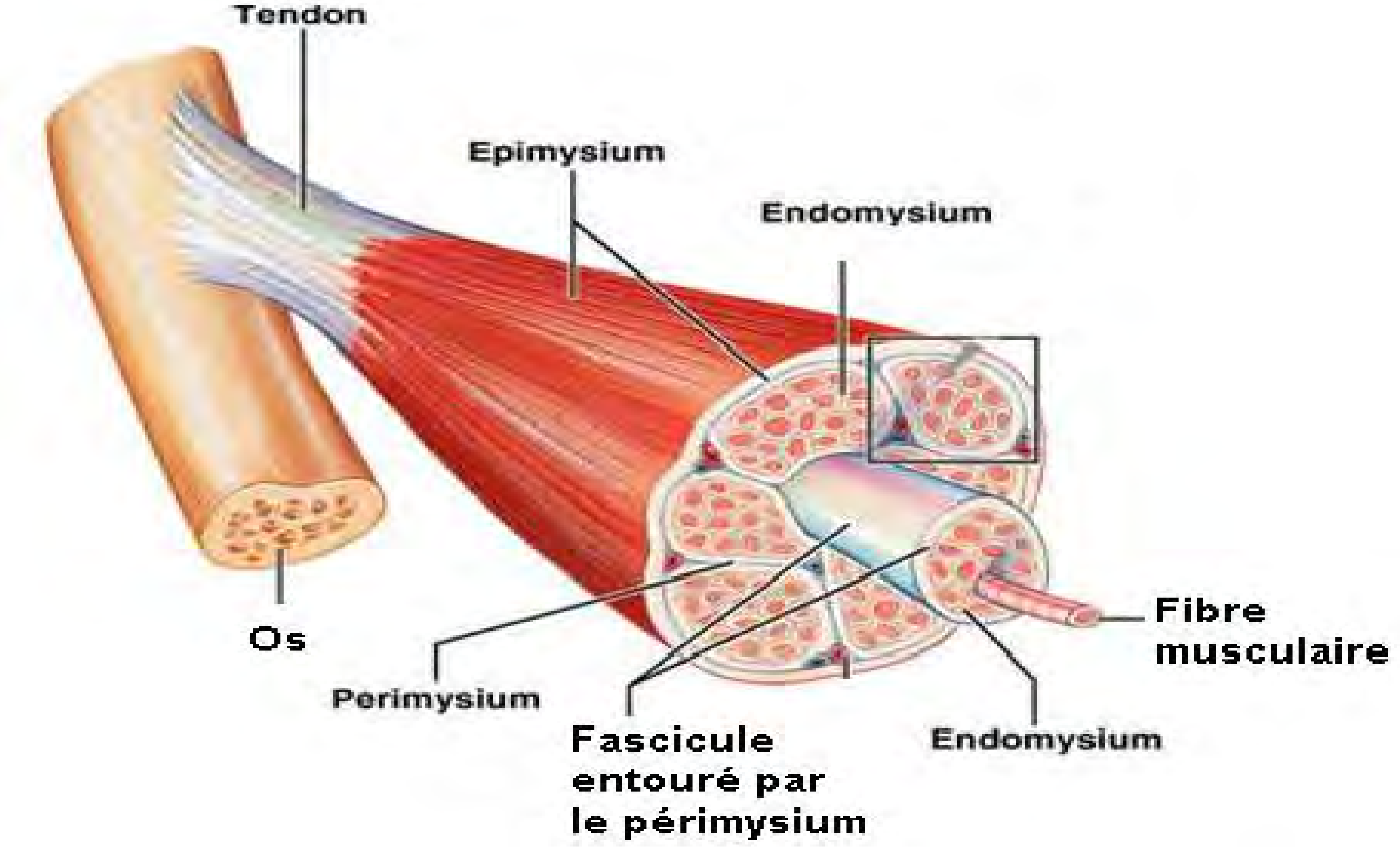
Constitué par un ensemble de faisceaux musculaires entouré d'une enveloppe commune : l'épimysium: tissu conjonctif dense



Chaque faisceau musculaire est constitué de plusieurs milliers fibres musculaires, il est entouré par une enveloppe appelée périmysium: cloison conjonctive

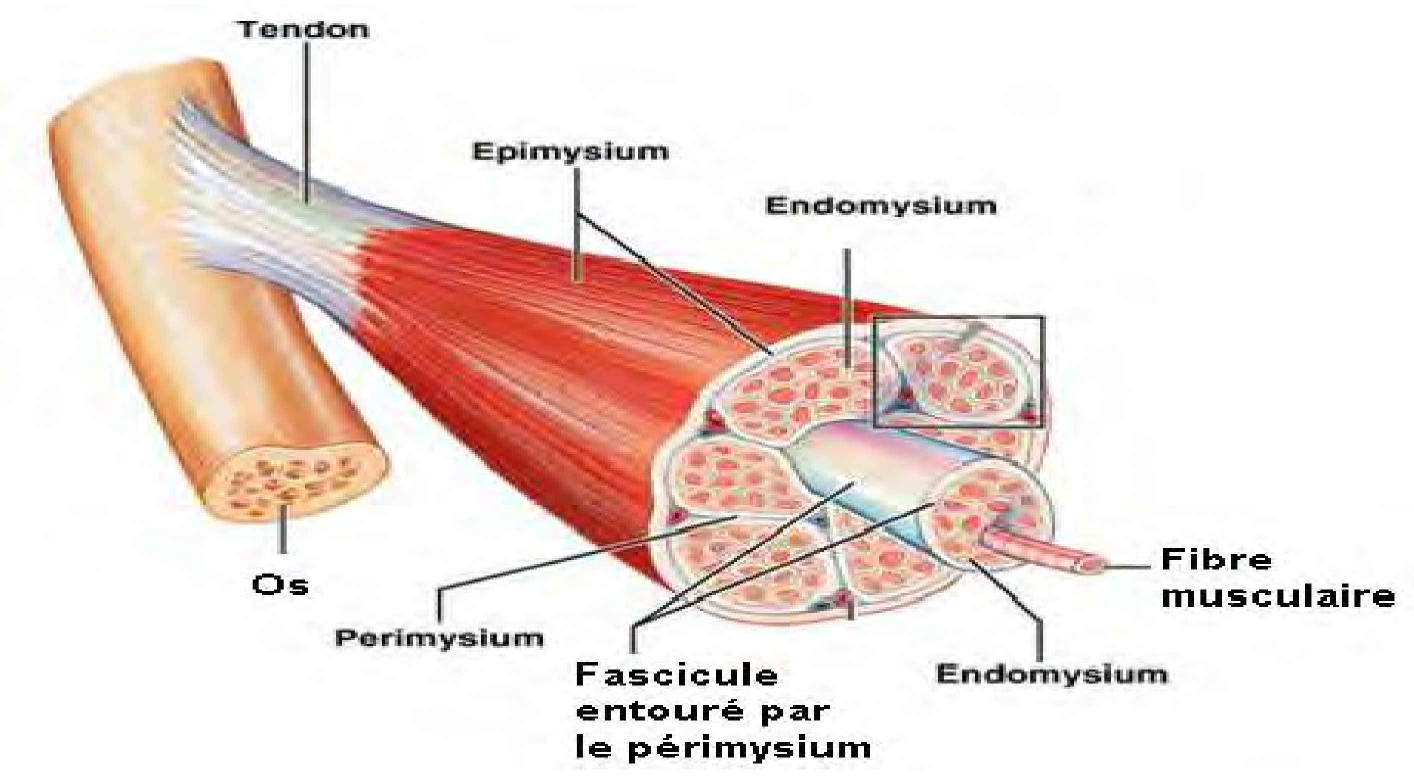


Chaque fibre musculaire est entourée par une gaine appelée endomysium: fine cloison de tissu conjonctif



Toutes ces enveloppent se rejoignent aux extrémités du muscle pour constituer le tendon qui se fixe sur l'os.

Le tendon assure la transmission mécanique des forces exercées par les structures contractiles.



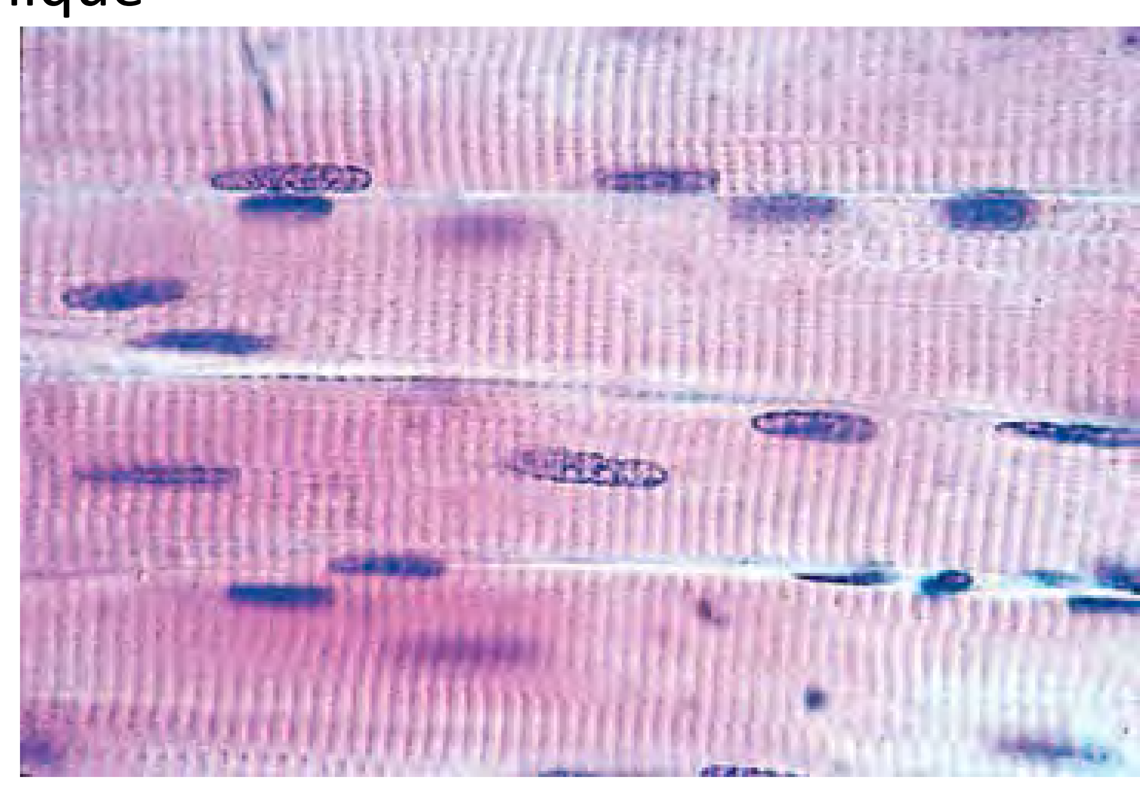
- Diamètre de la fibre musculaire = 50 – 100 uM
- Longueur = 4 mm (œil) – 30 Cm (cuisse) en fonction du lieu où elle est fixée.

- La fibre musculaire contient 100 000 – 1 Million d'éléments contractiles indépendants, arrangés parallèlement = les myofibrilles



2. Microscopie:

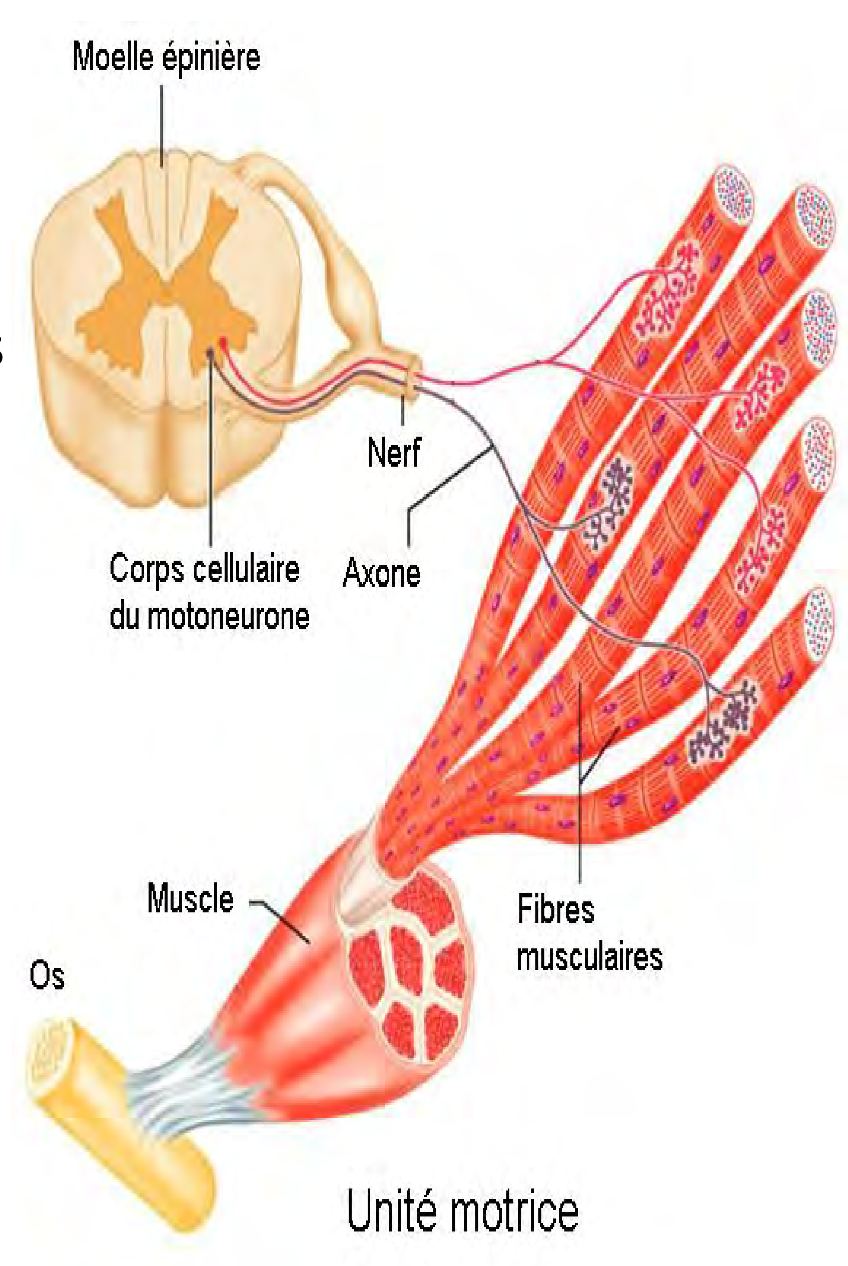
- Fibre musculaire = cellule allongée (myocyte), multinucléée (2 à 5 noyaux)
- Membrane cytoplasmique = Sarcolemme
- Cytoplasme = Sarcoplasme
  - Réticulum endoplasmique
  - ATP
  - Myofibrilles
  - Glycogène
  - Protéines libres
  - Lipides
  - Mitochondries



3. L'unité motrice:

Le muscle est contrôlé ou innervé par plusieurs motoneurones dont les corps cellulaires sont rassemblés dans la corne antérieure de la moelle épinière.

L'axone chemine de la m.e jusqu'au muscle dans les nerfs périphériques, ou il innerve de 100 – 1000 fibres musculaires



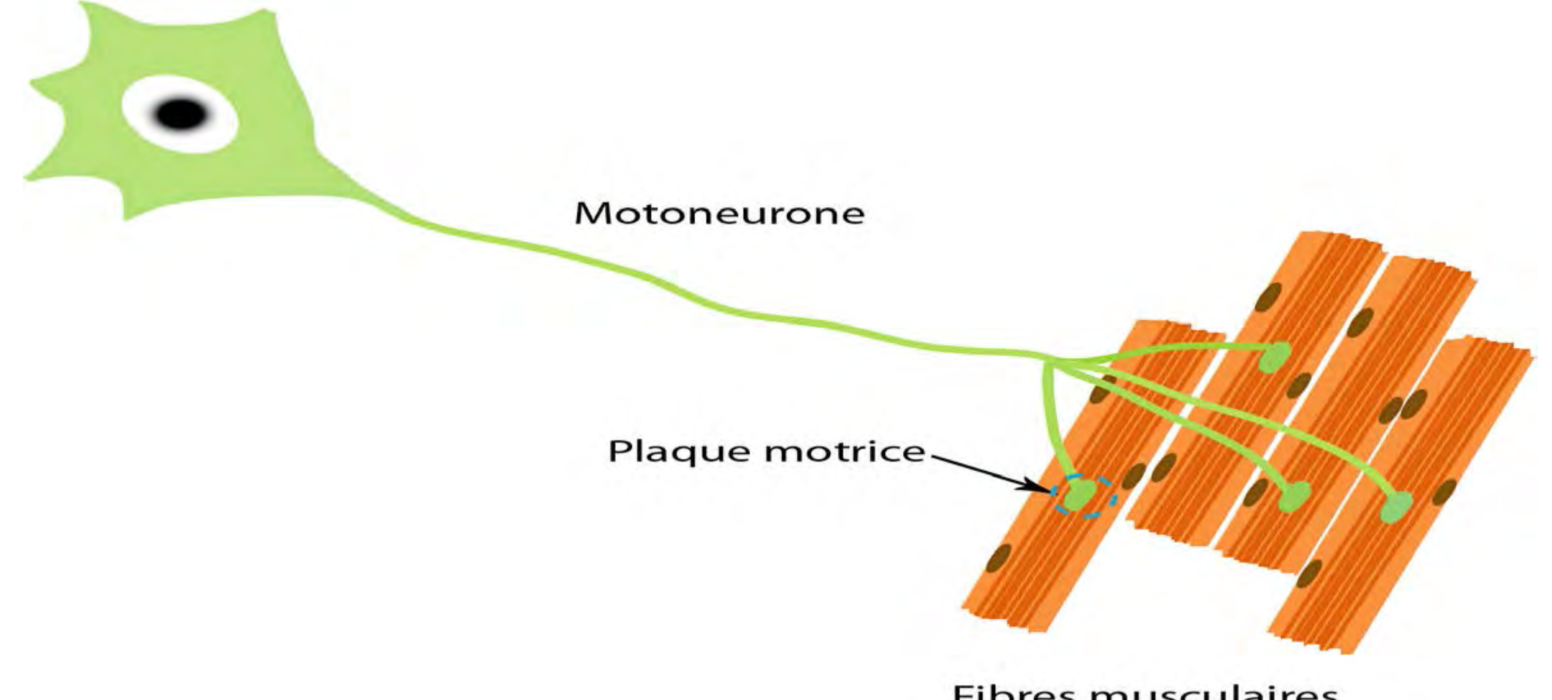
Unité motrice

=

Un motoneurone alpha (Mnα)

+

l'ensemble des fibres musculaires qu'il innerve

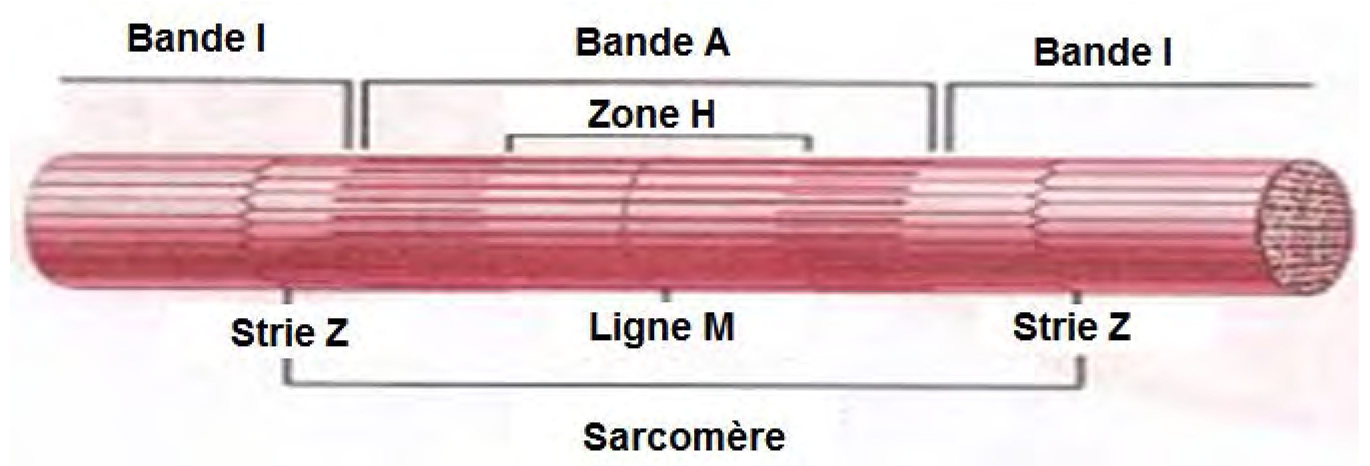


4. L'unité fonctionnelle contractile = Le sarcomère

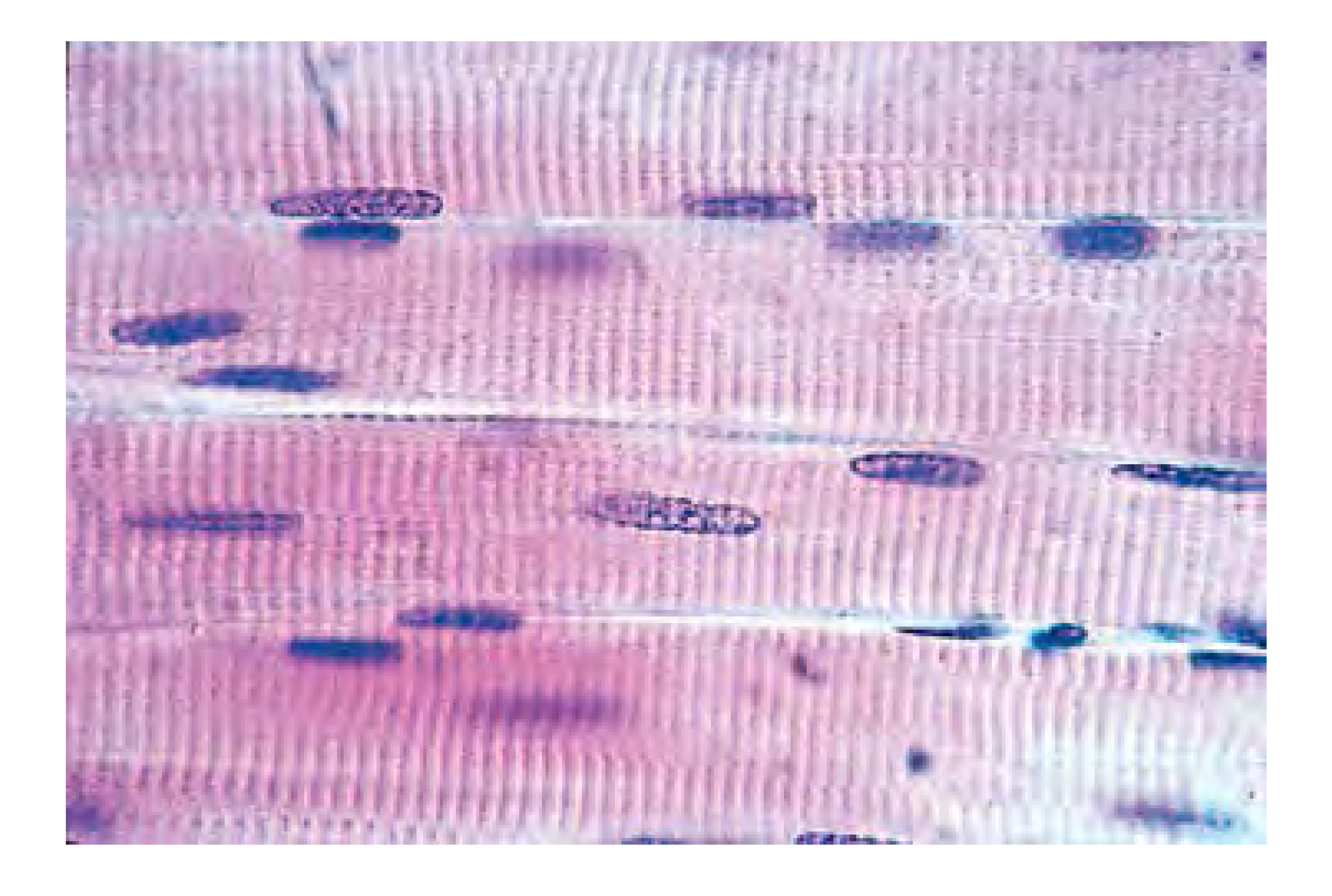
Myofibrille = élément cylindrique allongé contractile.
Diamètre de 1-3 uM

Au microscope optique : Alternance régulière de zones claires (bandes « I ») et de zones sombres (bandes « A »)

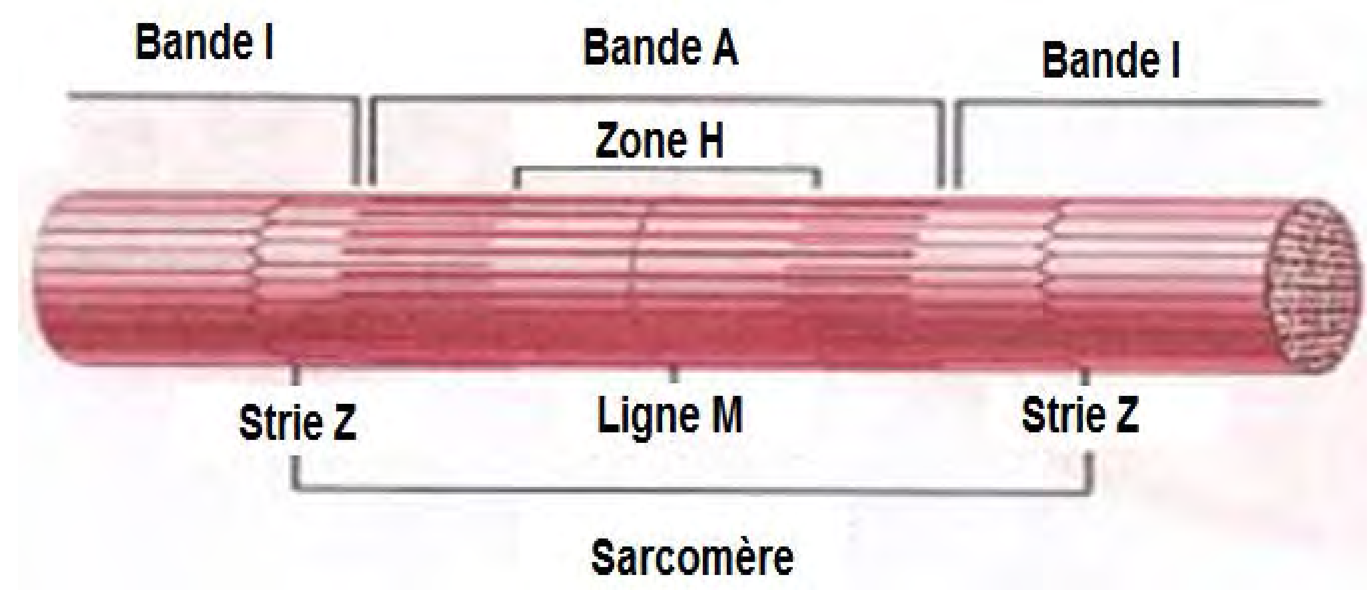
Les bandes I et A de chaque myofibrille se trouvent au même niveau donnant à la fibre musculaire son aspect strié



Aspect strié de la fibre musculaire



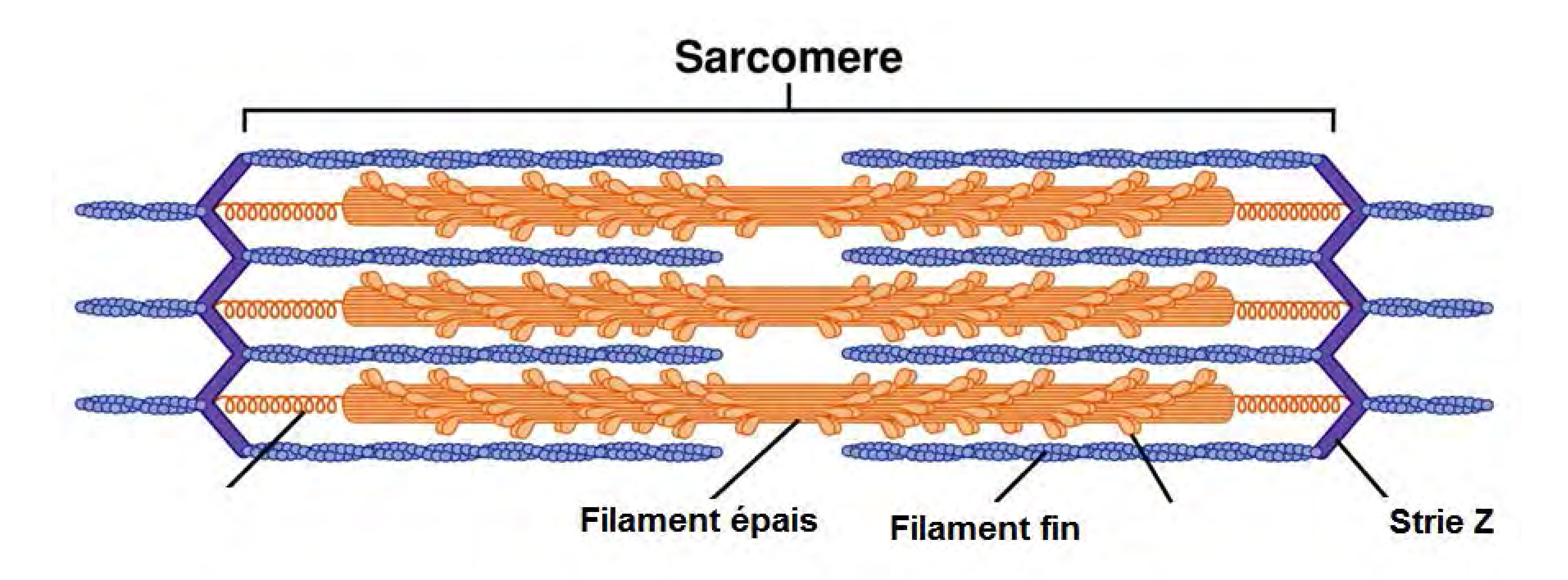
- Au milieu de chaque bande I se trouve une membrane transversale appelée strie Z
- La partie de myofibrille comprise entre 2 stries Z = Sarcomère = unité fonctionnelle contractile
- Longueur fixe = 2,5 mm
- Au milieu de la bande A se trouve une zone claire = zone H
- Au milieu de la zone H se trouve la ligne M

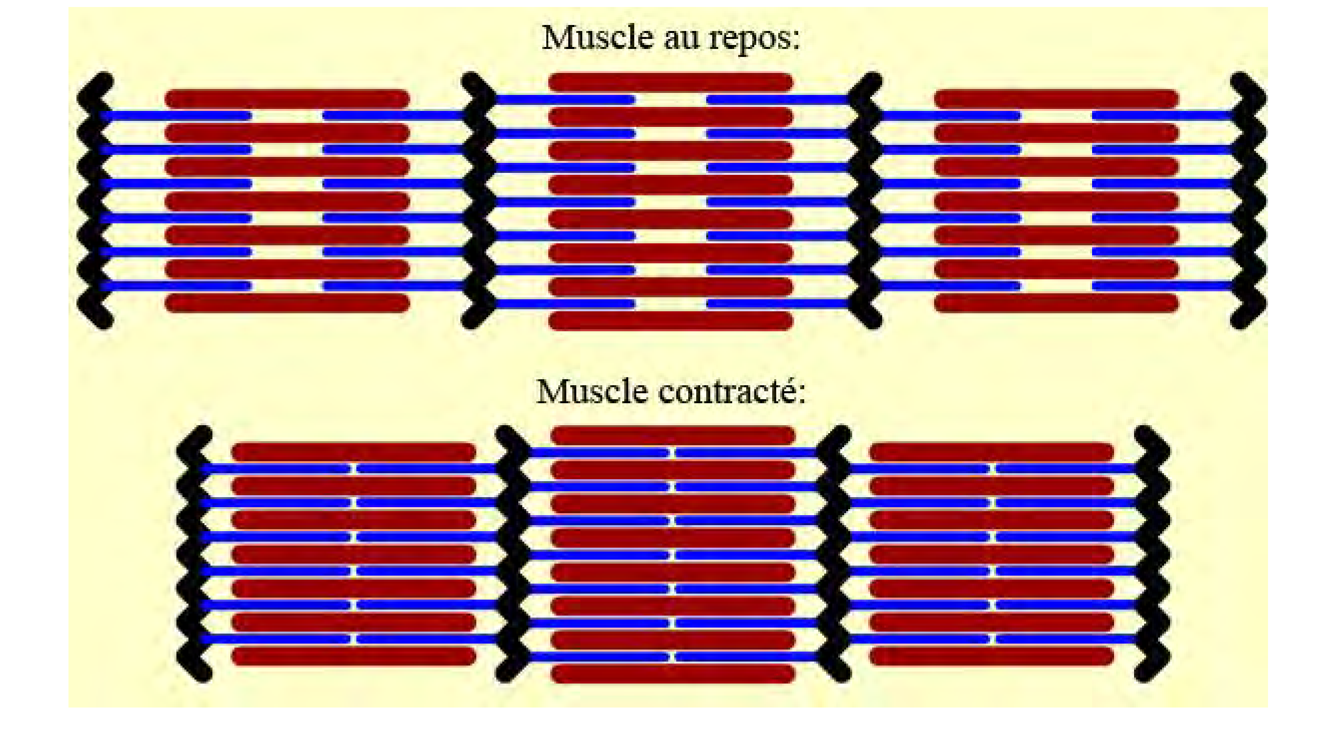


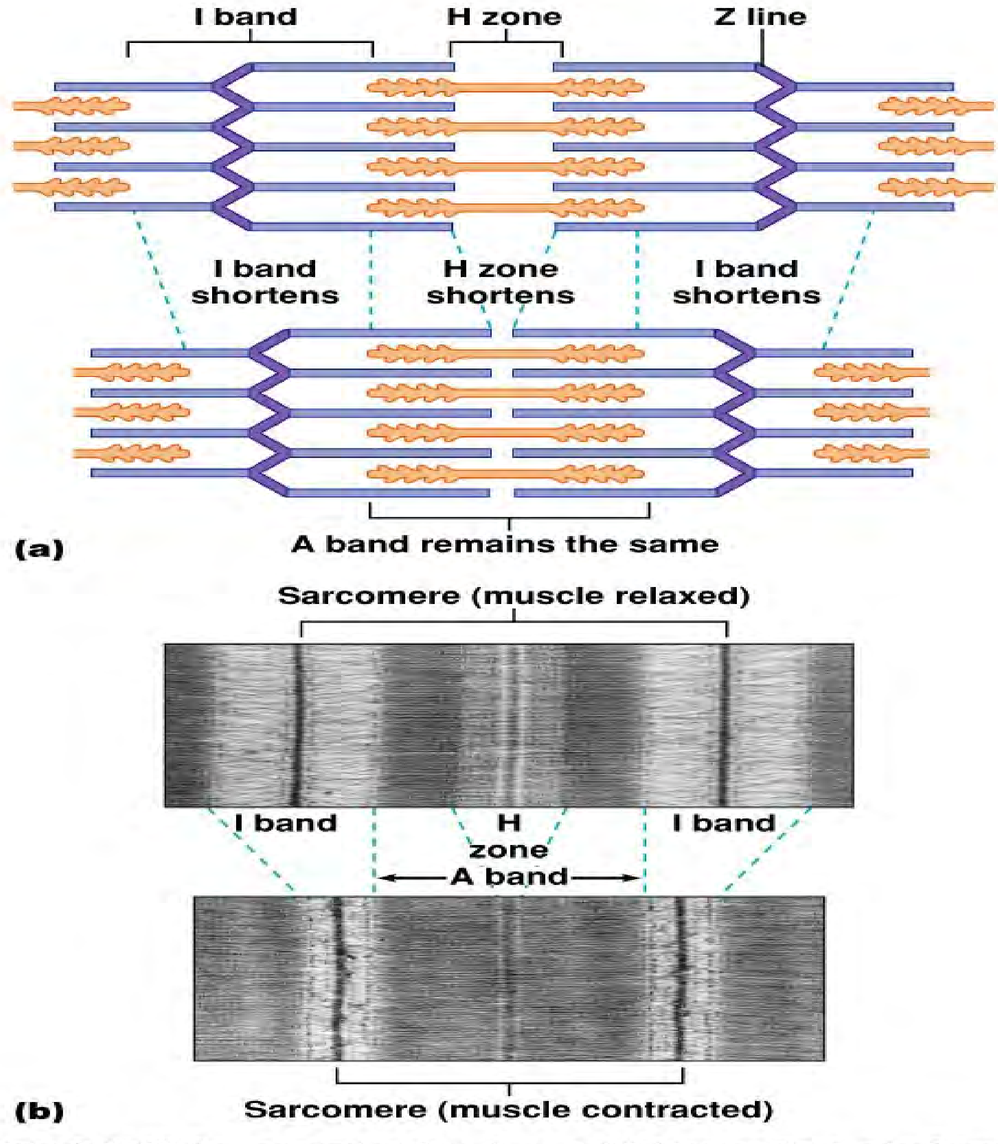
Ultrastructure d'une myofibrille

Bande A
Sarcomère
Ligne Z
Ligne Z
Myofibrille
Ligne M
Bande I
Zone H
Titine
Ligne Z
Ligne M
Ligne Z
Ligne M
Filaments de myosine
Filaments d'actine
Titine
Tête
Cou
Corps
Molécule de myosine
Troponine
Nebuline
Tropomyosine
Actine-G
Chaine d'actine

Le sarcomere



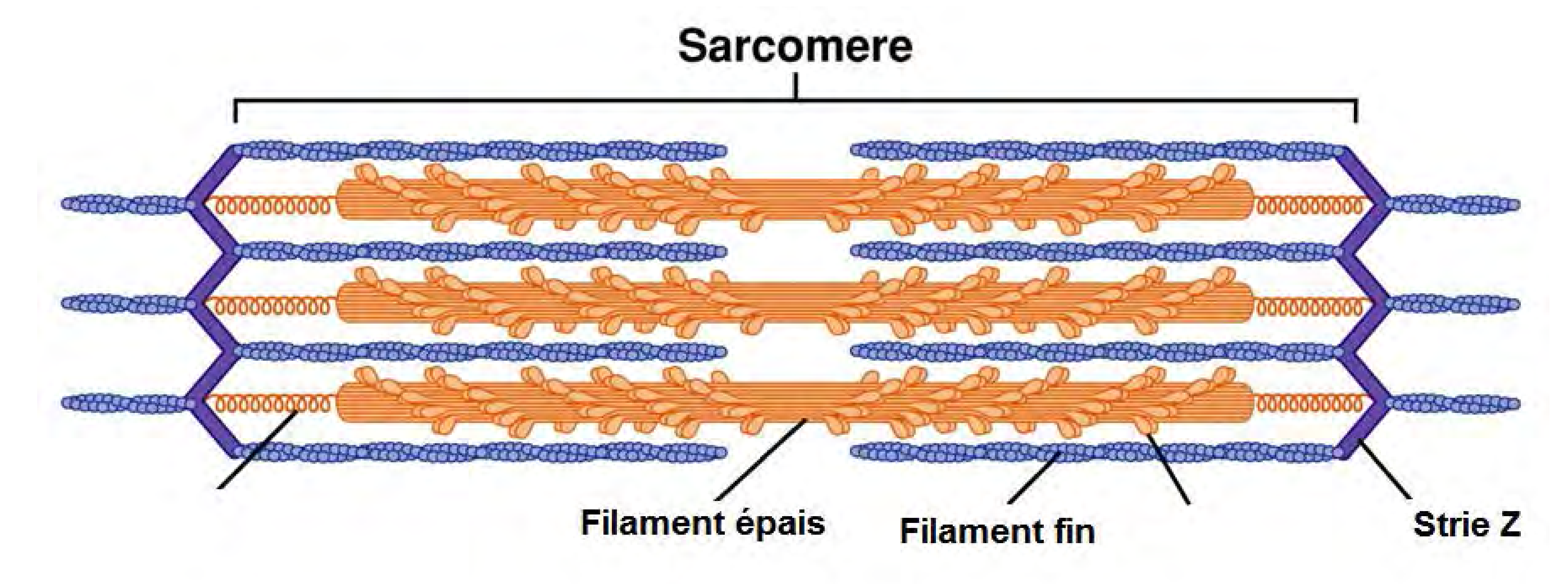

Muscle au repos:
Muscle contracté:


I band
H zone
Z line
I band shortens
H zone shortens
I band shortens
(a)
A band remains the same
Sarcomere (muscle relaxed)
I band
H zone
I band
A band
(b)
Sarcomere (muscle contracted)

- Au microscope électronique

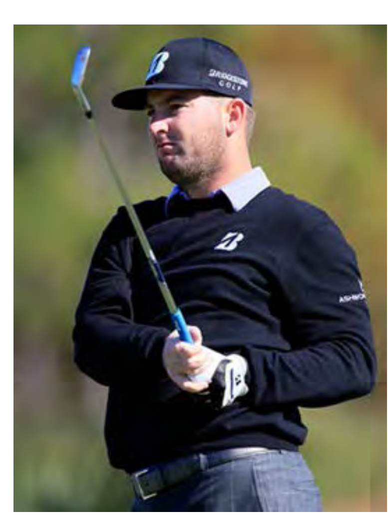
Il existe de 2 types de filaments disposés parallèlement :

- Les filaments épais : myosine
- Les filaments fins : actine



a. Filaments épais:



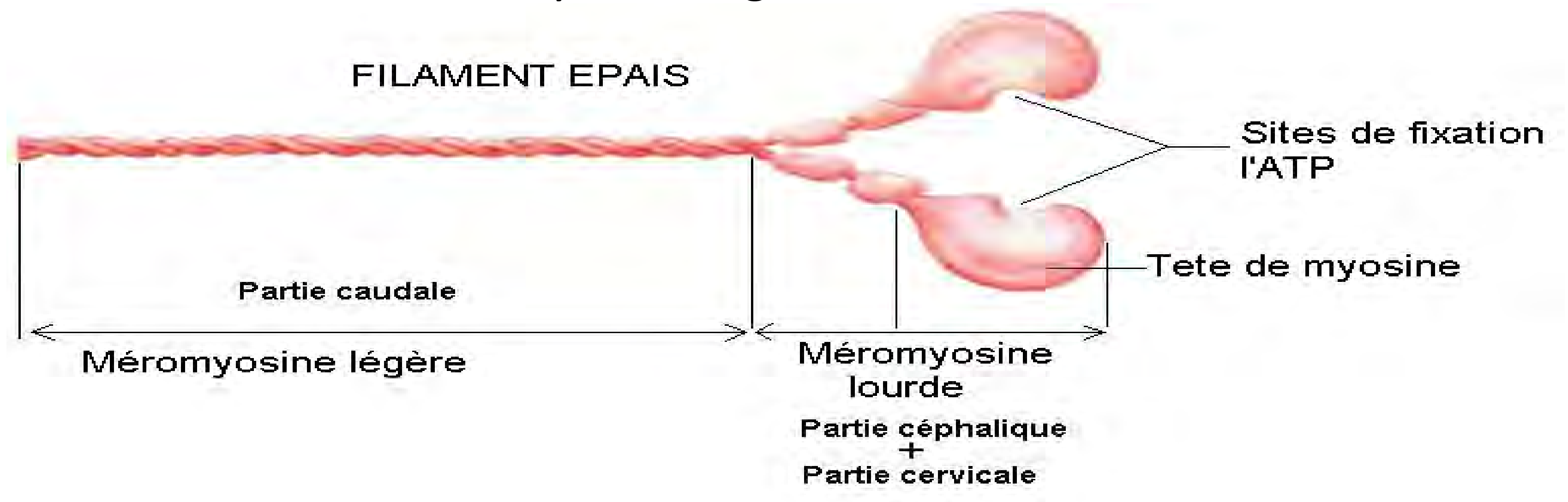


150-360 molécules de myosine
Aspect d'un bâton de golf
Proteines lourdes, PM = 500 kD

Myosine :

Partie céphalique (tête de myosine) + Partie cervicale = Meromyosine lourde

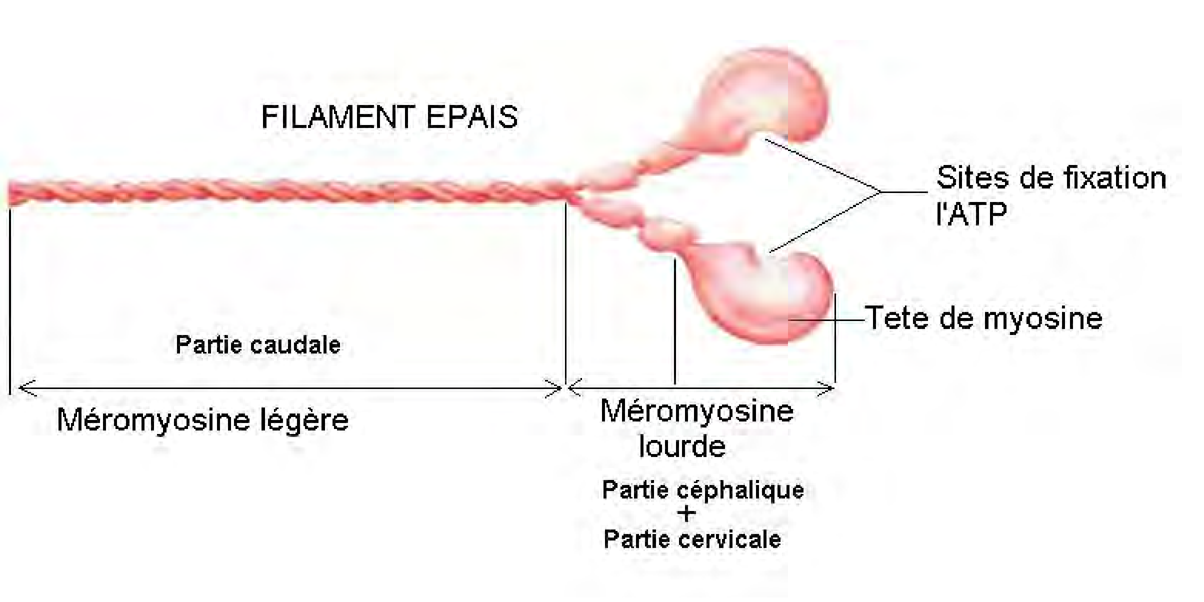
Partie caudale = Meromyosine légère.

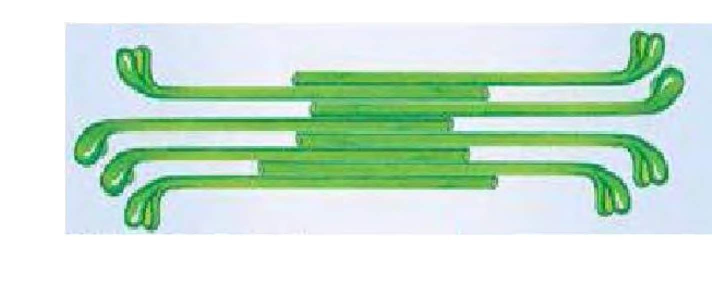


- Tète de myosine = site de fixation de l'ATP

- Disposition particulière , le manche est orienté vers le centre du sarcomère

- La mobilité de la partie cervico-cephalique à la manière d'une articulation permet la fixation réversible du filament épais avec le filament fin et de leur glissement les uns sur les autres





FILAMENT EPAIS

Sites de fixation l'ATP

Tete de myosine

Partie caudale

Méromyosine légère

Méromyosine lourde

Partie céphalique
+
Partie cervicale



b. Filaments fins

Composés de 3 protéines :

- Actine
- Tropomyosine
- Troponine

FILAMENT FIN

Actine

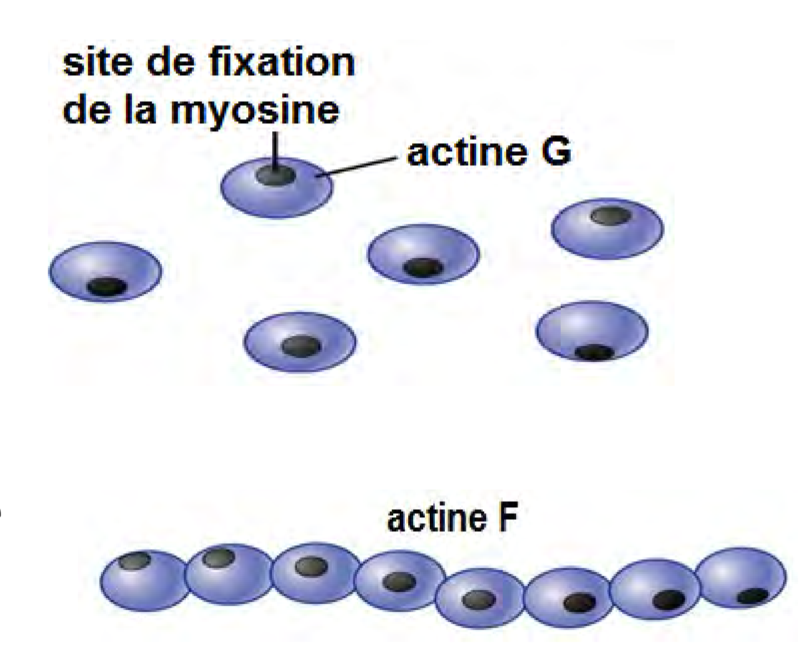
Tropomyosine

Troponine

Site de fixation de la myosine

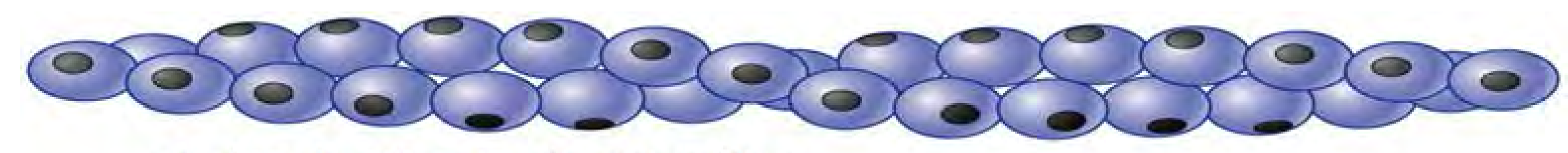
- Actine

Protéine globulaire, actine G



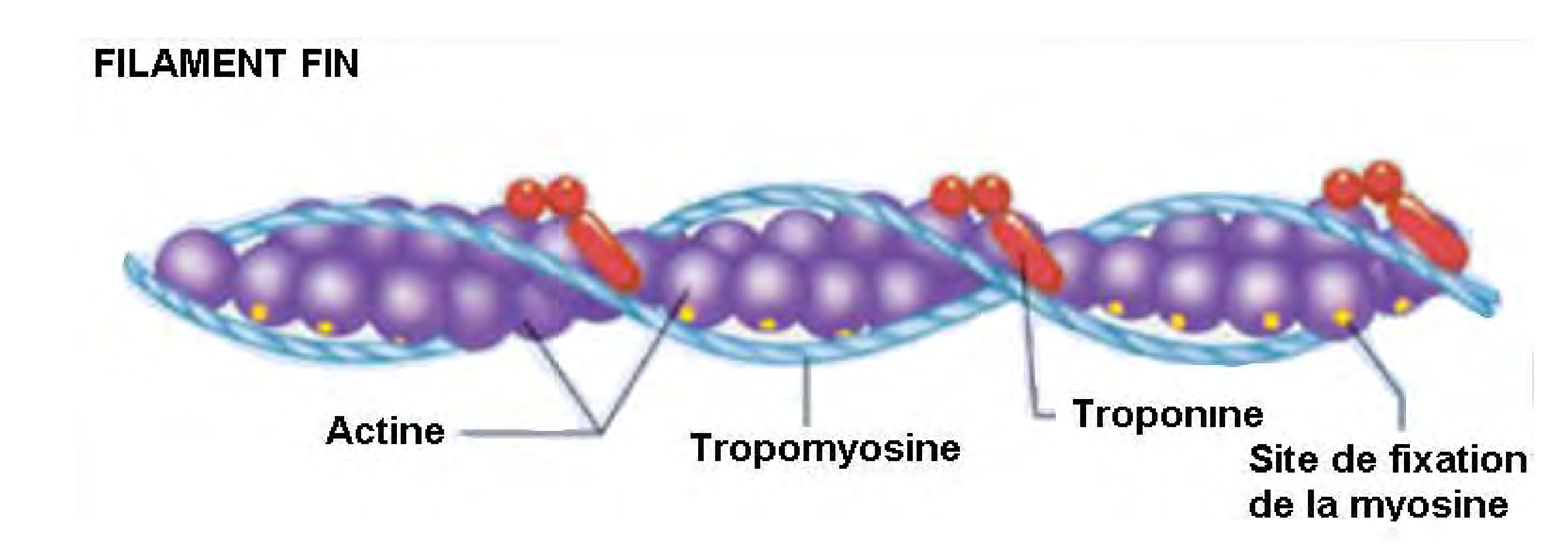
Dans une solution elle est polymérisée en Actine F = chaine qui ressemble à un enfilement de perles.

2 exemplaires de cette chaine s'enroule à la manière d'une hélice pour former un filament d'actine



- **Tropomyosine**

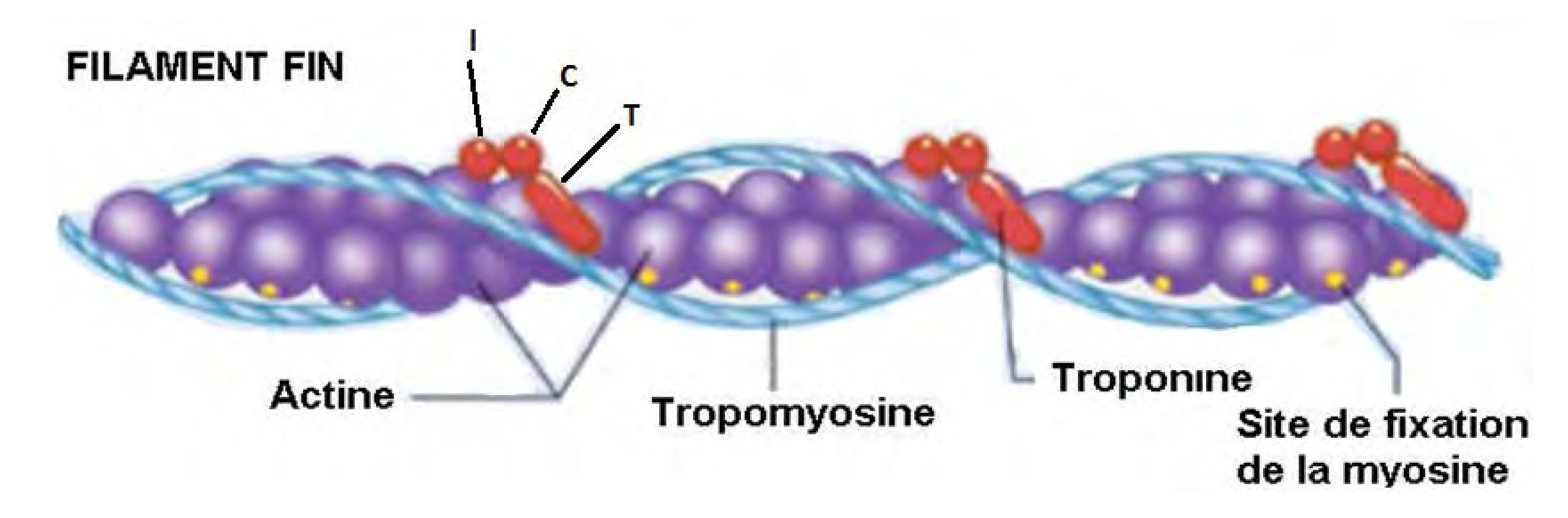
Constituée de 2 chaines polypeptidiques qui s'enroule autour du filament d'actine pour le stabiliser



Troponine:

Se dispose chaque 40 nM, se compose de 3 sous unités

- Troponine T: responsable de la liaison avec la tropomyosine
- Troponine C: fixe le calcium
- Troponine I: inhibe l'activité ATPasique de la tête de myosine

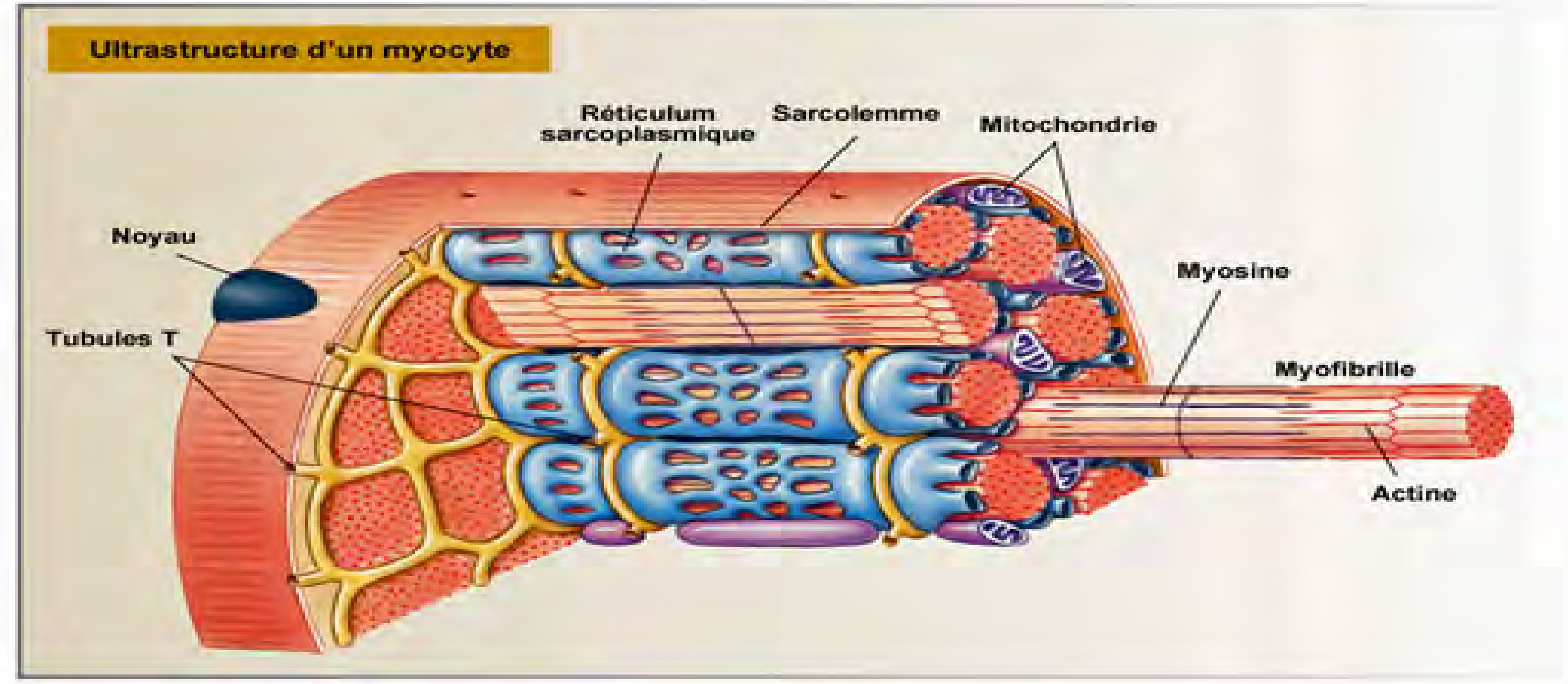


5. Réticulum sarcoplasmique:

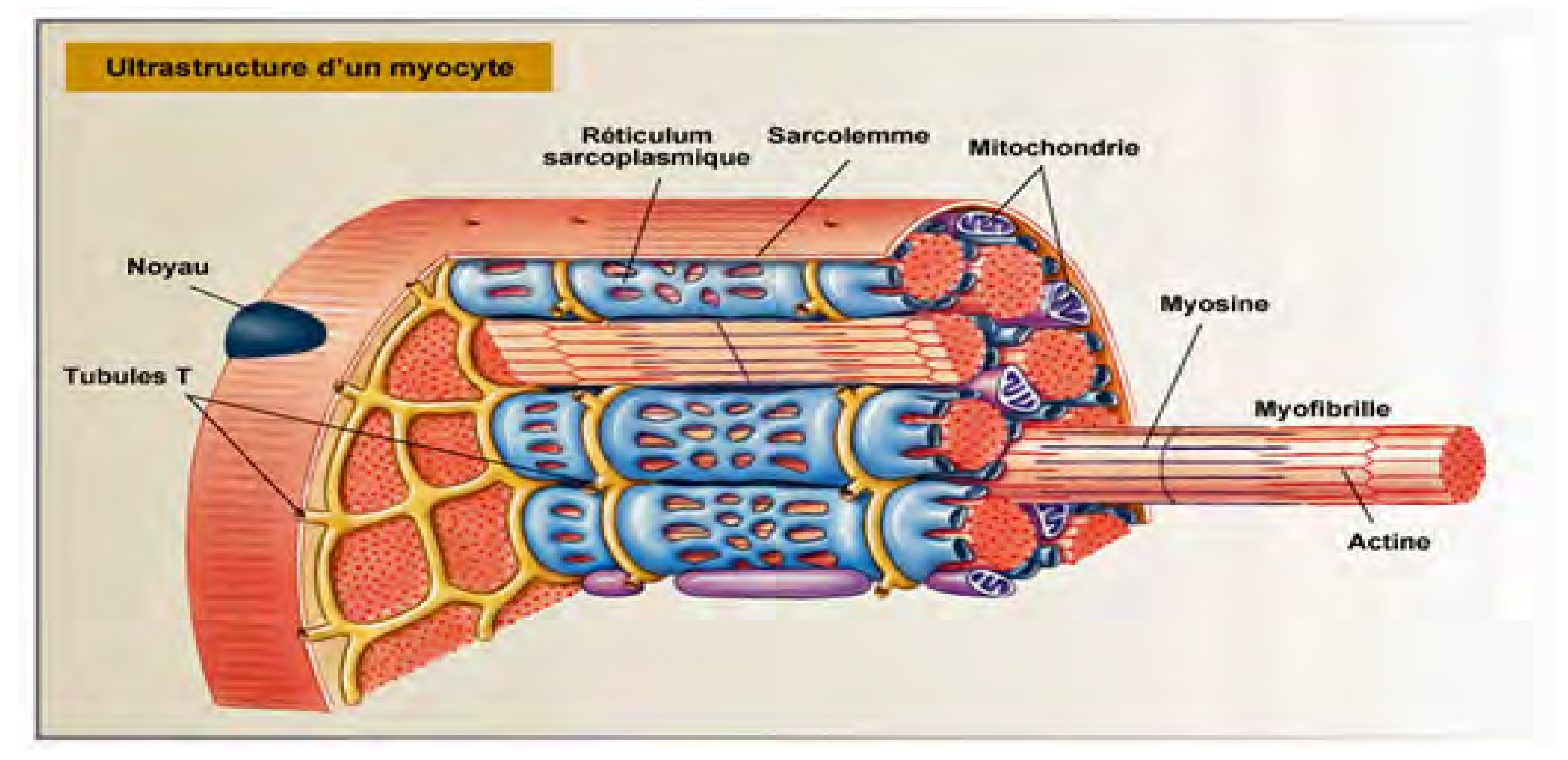
Compartiment intracellulaire spécialisé dans le stockage et la libération du calcium

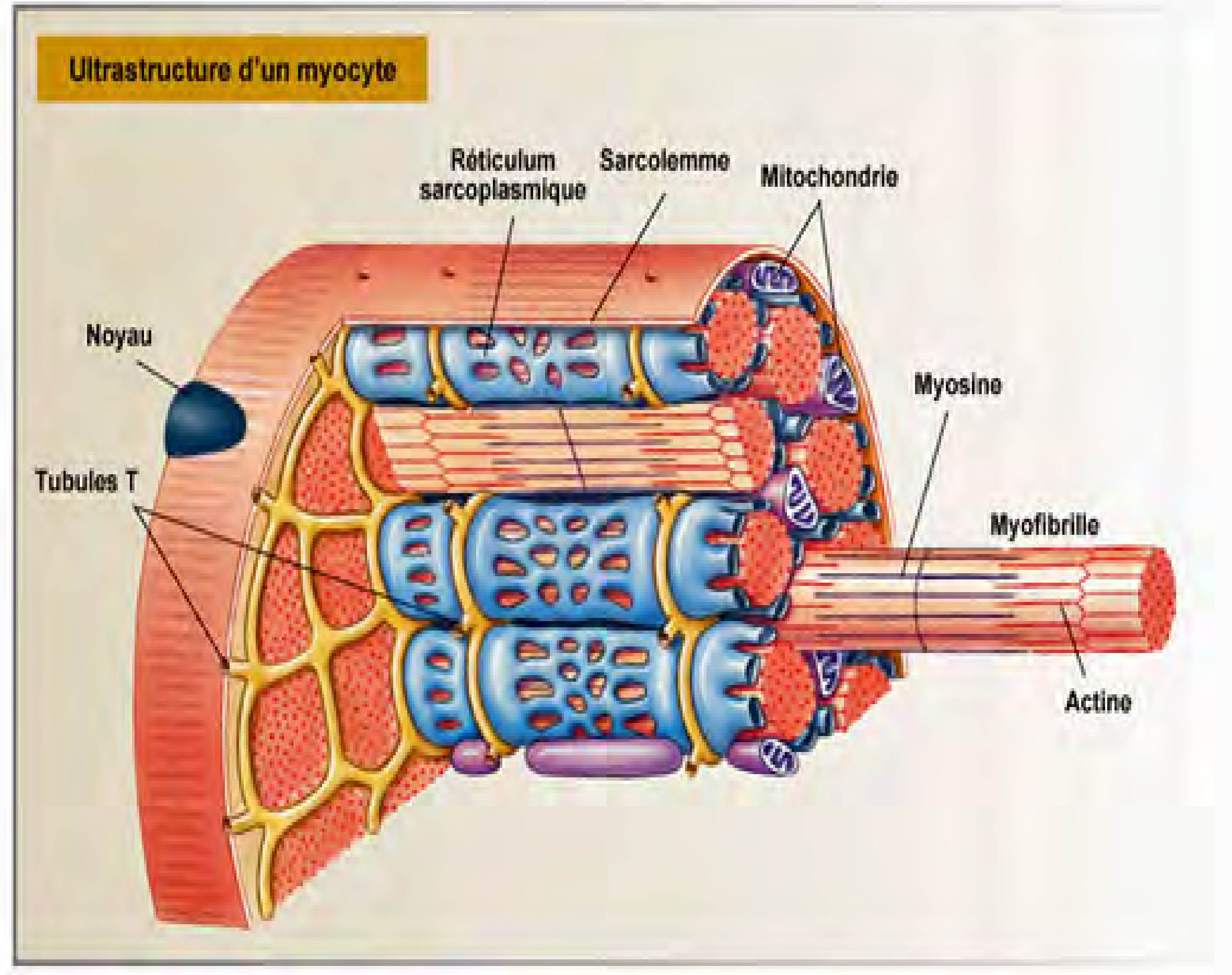
2 parties: - Citernes terminales

- Réticulum sarcoplasmique longitudinale



- Le sarcolemme présente des replis internes appelés tubule transverse, il permet de conduire le PAM jusqu'à l'interieur de la fibre musculaire.
- L'association : 1 tubule transverse + 2 citernes terminales adjacentes = une Triade



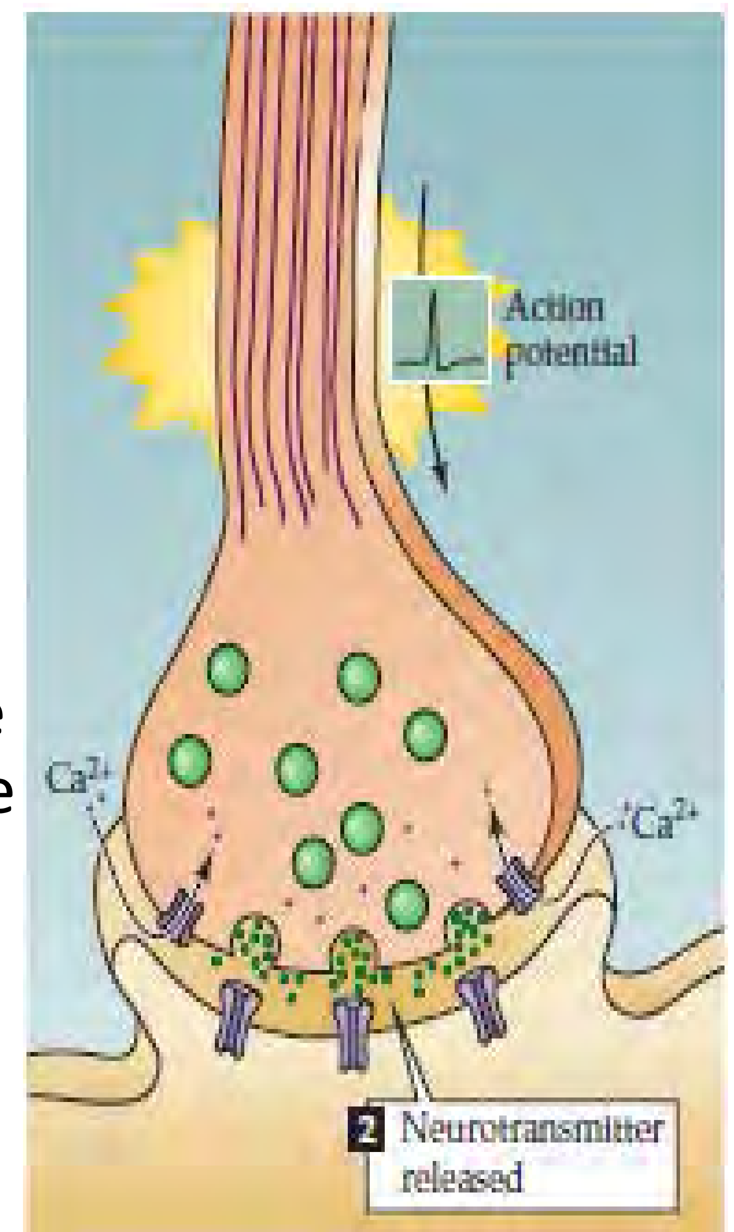

Ultrastructure d'un myocyte
Réticulum sarcoplasmique
Sarcolemme
Mitochondrie
Noyau
Myosine
Tubules T
Myofibrille
Actine

III- LA CONTRACTION MUSCULAIRE

1. Mécanisme général de la contraction musculaire:

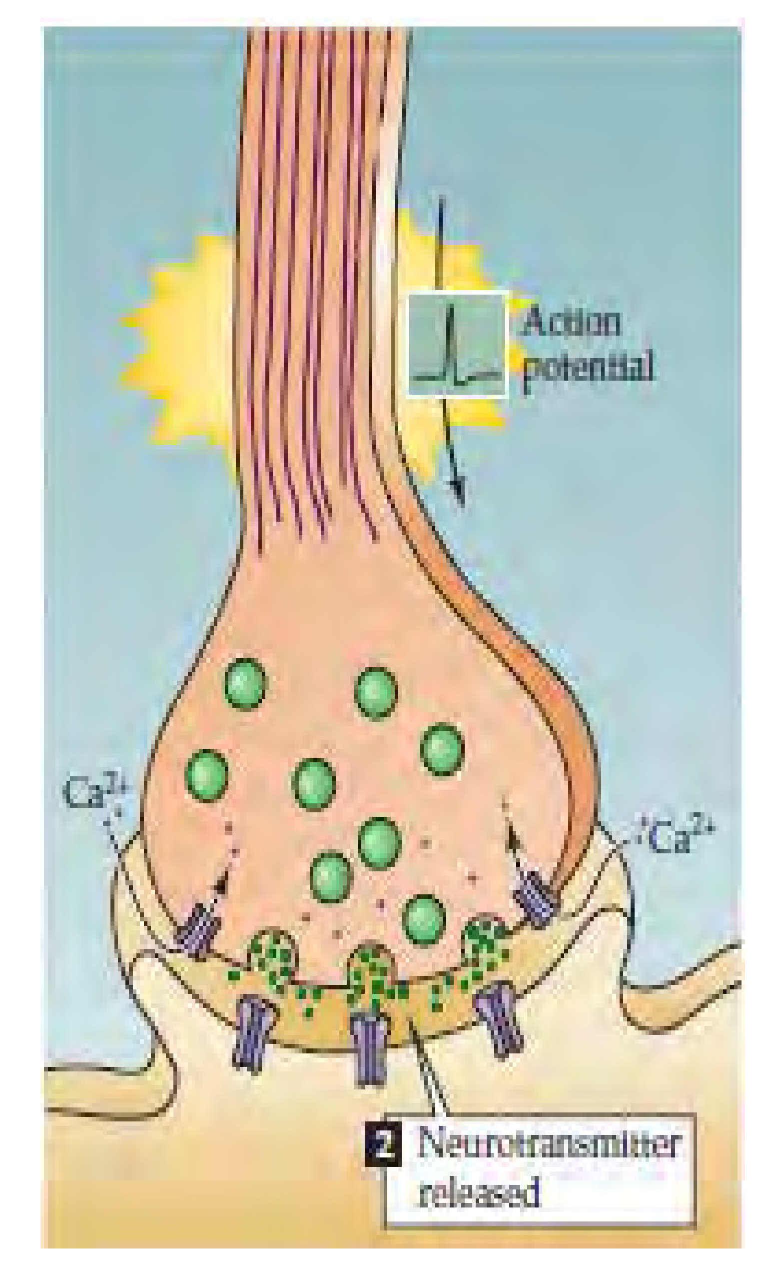
Excitation préalable des fibres musculaires par les motoneurones alpha

Le P.A arrive à la terminaison axonale et va entrainer la dépolarisation de la membrane présynaptique et la libération de l'acétylcholine dans l'espace synaptique.



- L’acétylcholine se fixe sur les récepteurs situés dans la membrane post-synaptique et entraine la dépolarisation de cette membrane, on parle de potentiel de plaque motrice (PPM)

- Lorsque le PPM atteint le seuil il va produire un P.A = le potentiel d’action musculaire (PAM), qui va se propager vers les extrémités de la fibre musculaire



2. Couplage excitation-contraction:

Succession d'événements par laquelle le potentiel d'action musculaire transmis le long du sarcolemme entraine le glissement des myofibrilles

L'arrivée du PAM au niveau des triades entraine un flux de Ca++ depuis le réticulum sarcoplasmique vers le sarcoplasme qui va être responsable de la contraction qui implique des interactions entre les proteines des F.F et F.E

- La membrane du Tubule T contient un récepteur voltage dépendant = Récepteur à la dihydropyridine :DHPR
- La membrane des citernes terminales contient un récepteur = Récepteur à la ryanodine : RYR
- Ces 2 récepteurs sont en contact
- Lorsque le PAM pénètre le Tubule T il va activer le DHPR qui change de conformation et active le RYR qui s'ouvre et libère le Ca+2 stocké dans les citernes.

T-Tubule

DHP-Rez

SR

Ry 1

Ca^{2+}

Aktin-Myosin-Filaments

Rigor

ATP

ADP

O_2

CO_2

Heat

CO_2

ATP

ADP

Ca^{2+}-ATPase

Mitochondrium

Lactate

Glycogen

Phosphorylase
-kinase

Pyruvate

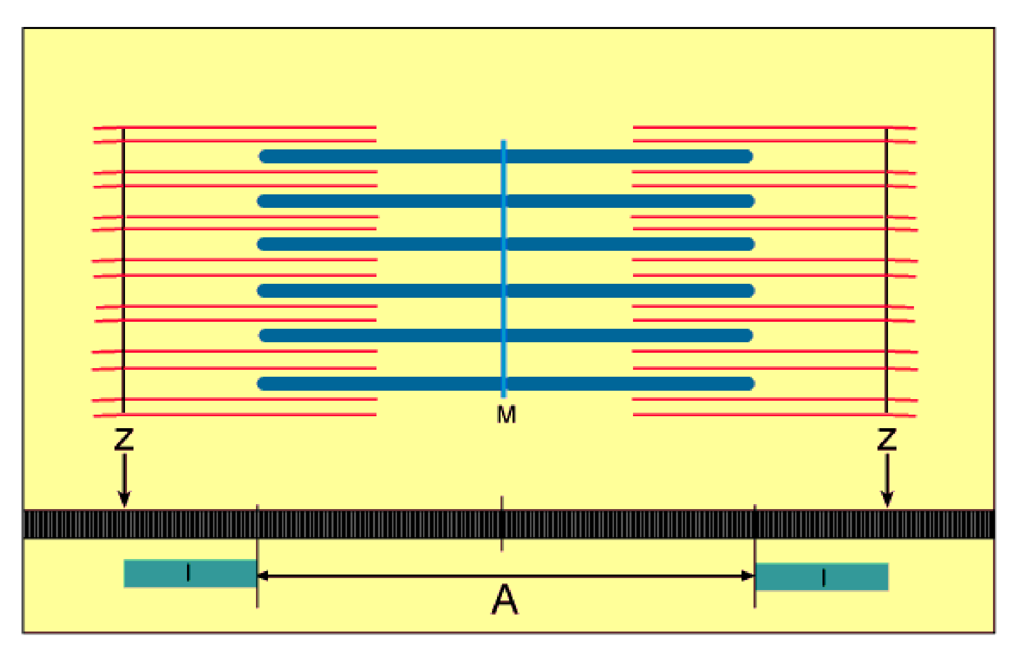
C) Anetseder

Le Ca+2 retourne ensuite vers le réticulum sarcoplasmique grâce a une pompe à Ca+2 (la calcium ATP-ase ou SERCA) qui consomme de l'ATP = Transport actif du Ca+2

Lorsque le Ca+2 retourne vers le réticulum sarcoplasmique sa concentration intracellulaire va diminuer ce qui entraine un arrêt de la contraction = Le relâchement musculaire.

3. Mécanismes moléculaires:

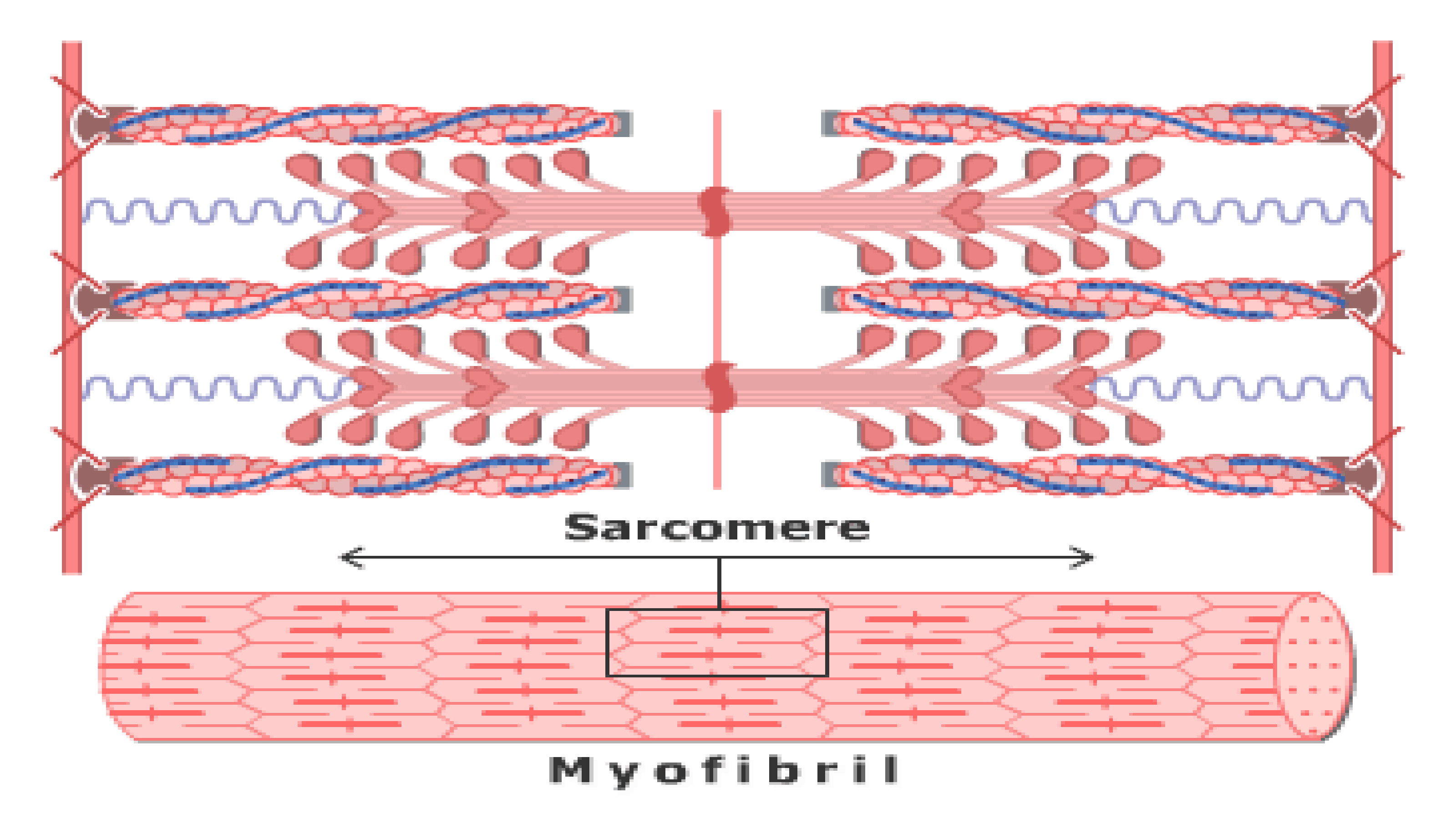
La contraction musculaire correspond au glissement des F.F sur les F.E, de sorte que l'actine et la myosine se chevauchent d'avantage aboutissant à une diminution de la longueur de chaque sarcomère = Théorie de Huxley 1954



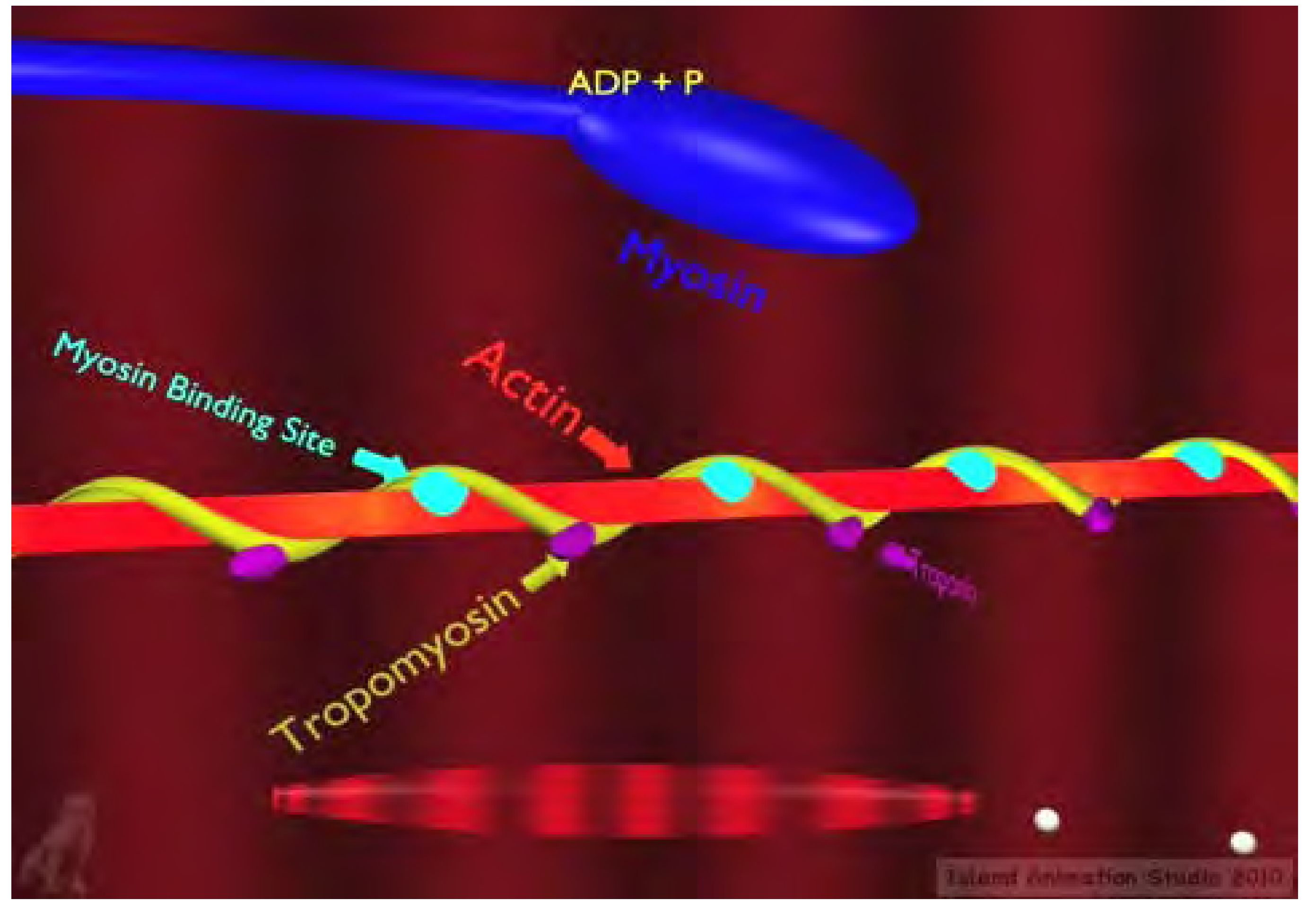


Hugh Huxley
1954

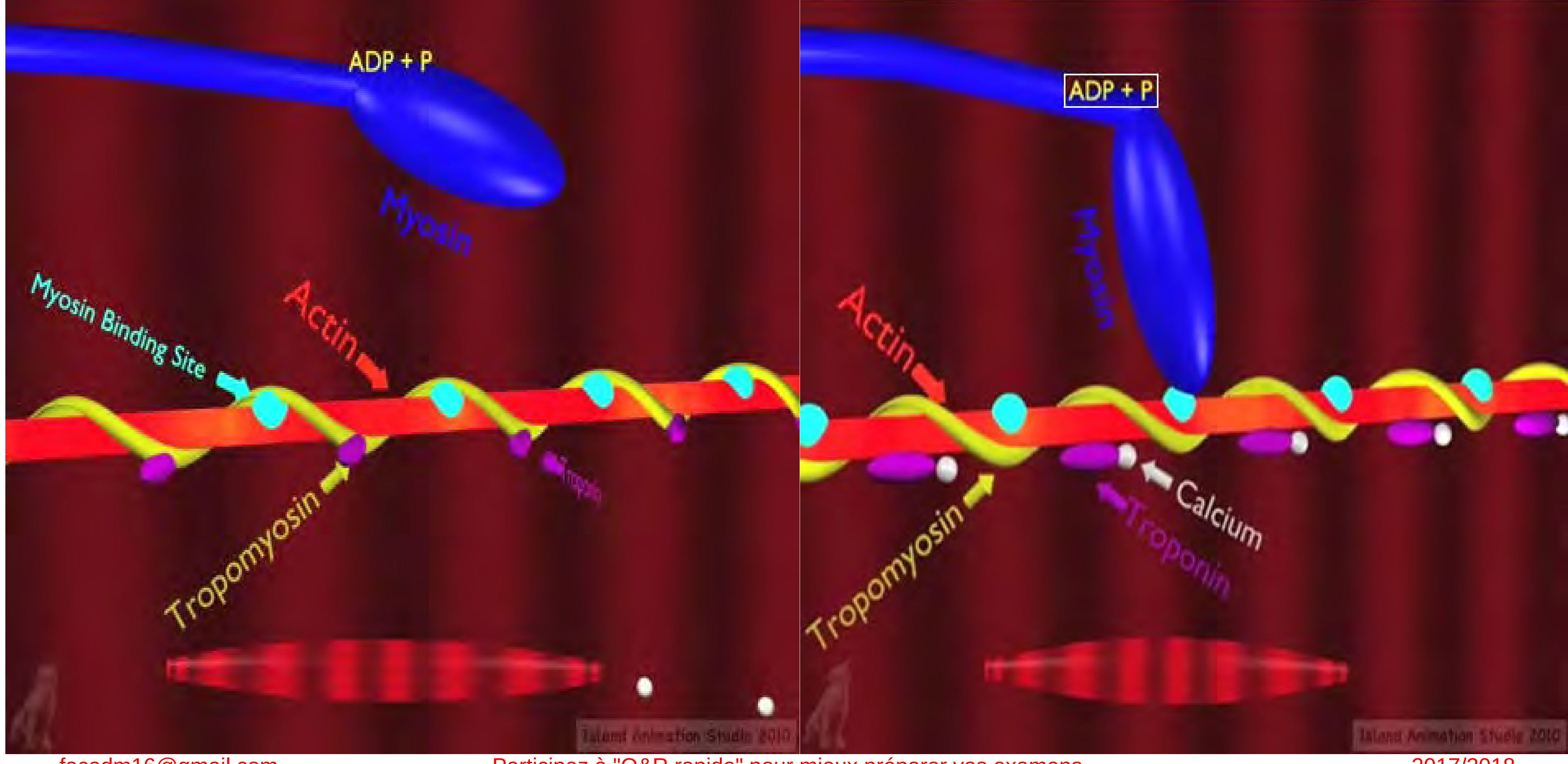
- Ce glissement est du à des interactions cycliques qui établissent des ponts entre les filaments d'actine et les têtes de myosine



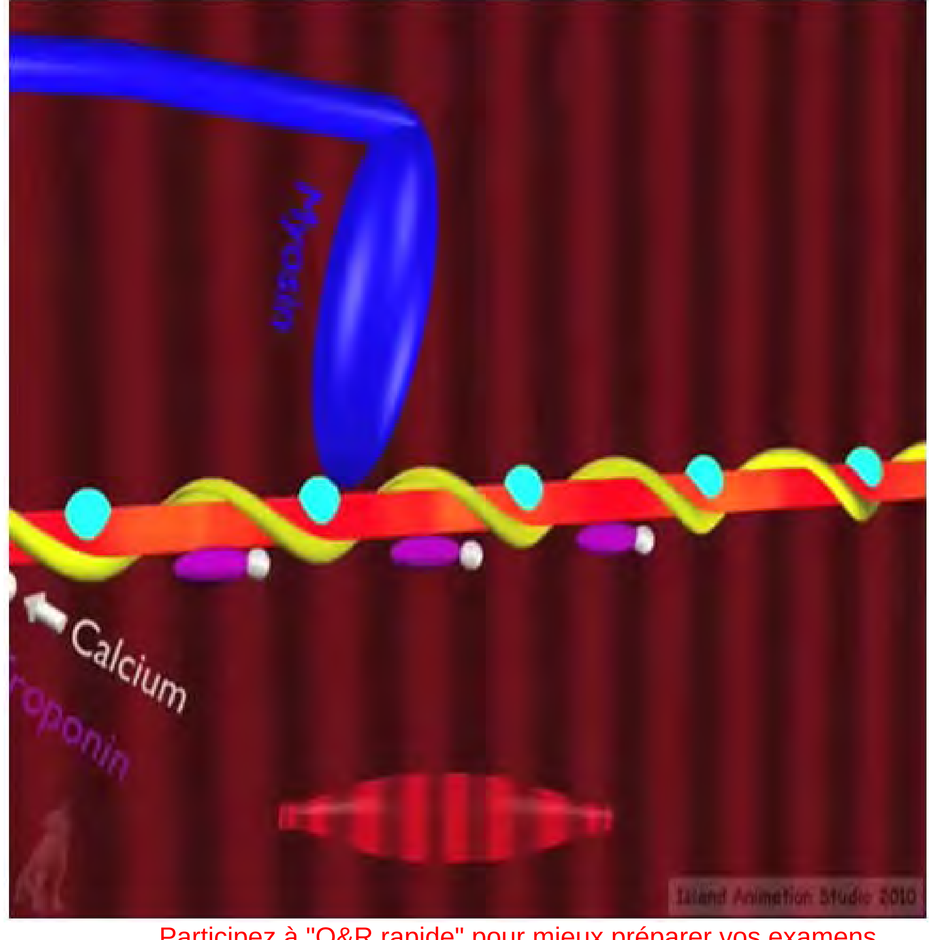
- Au repos la tropomyosine couvre les sites de fixation de la myosine sur l'actine et une molécule d'ATP est fixée sur la tete de myosine



- Le Ca++ se fixe sur la troponine qui change de forme entrainant un déplacement de la tropomyosine loin des sites de fixation de la myosine permettant l'attachement de la tête de myosine sur l'actine



- A ce moment une molécule de Mg+2 se fixe sur l'ATP et celle-ci s'hydrolyse en ADP + P qui sont libérés ce qui entraine l'inclinaison de la tête de myosine vers le centre du sarcomère ce qui fait avancer le filament d'actine auquel elle est attachée



Une autre molécule d'ATP se fixe sur la tête de myosine, celle-ci se détache de l'actine et un autre cycle peut recommencer.

